

## ¿SABEMOS TODO SOBRE LAS CAÍDAS DE ALTURA?

### DO WE KNOW ALL ABOUT HEIGHT FALLS?

Breglia G.A.<sup>1</sup>Herbstein J.A.<sup>2</sup>Uzal M.H.<sup>1</sup><sup>1</sup>Medico Forense. Cuerpo de Investigacion Forense. Poder Judicial de Rio Negro, Cipolletti, Rio Negro.<sup>2</sup>Medico Forense. Cuerpo Medico Forense. Poder Judicial de la Nacion. Buenos Aires. Argentina.Correspondencia: [g.a.breglia@gmail.com](mailto:g.a.breglia@gmail.com)

**Resumen:** A propósito de un caso, se realiza una revisión sobre los aspectos mas importantes a considerar en las caídas de altura en el ámbito forense. Se describe una fractura expuesta del fémur, sin evidencias cutanea de traumatismo que explique su mecanismo, en un individuo muerto tras una caída de 9 metros de altura. Mediante una breve fundamentacion apoyada en las leyes de la fisica se trata de explicar el mecanismo de la fractura.

**Palabras clave:** Caída. Altura. Fractura. Fémur. Forense. Muerte

**Abstract:** With regard to a case, a review is made on the relevant aspects to consider in the falls of height in the forensic field. An open fracture of the femur is described, with no evidence of skin trauma that explains its mechanism, in an individual who dies after a fall of 9 meters in height. Through a brief foundation supported by the laws of physics, an explanation of the mechanism of the fracture is outlined.

**Keywords:** Falls. Height. Fracture. Femur. Forensic. Death.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito forense, ¿qué sabemos acerca de las caídas desde la altura?

Sabemos que las caídas en altura son, según la Organización Mundial de la Salud, la segunda causa de muerte accidental o intencional [1].

Tiene relevancia forense ya que puede incluir las tres formas de muerte: accidental, suicida y homicida.

En este contexto, el alcohol, las drogas de abuso, la medicación psiquiátrica, están presentes en diferentes porcentajes en las llamadas muertes intencionales o no intencionales, [2-3] y su presencia puede afectar significativamente el patrón final de la lesión debido a la alteración del tono muscular y respuestas de comportamiento que responden a la posición durante la caída [1].

Los saltadores suicidas se perfilaron como un solo hombre de mediana edad, con un diagnóstico de enfermedad psicótica o trastorno límite de la personalidad, de los cuales el 60% había tenido contacto con servicios de salud mental, y tres de cuatro habían tenido intentos previos de suicidio por otros medios [ 4].

En ocasiones, podemos inferir la presencia de enfermedades psiquiátricas que pueden determinar la forma de muerte, como el suicidio asociado con las caídas desde la altura, por los hallazgos de patologías físicas asociadas con la condición psiquiátrica, como en el caso de *Cutis Verticis Gyrata*. [5-6-7]. (Figura 1).



Figura 1

Las caídas accidentales ocurren principalmente durante las horas de trabajo, mientras que las caídas por suicidio ocurren tarde en la noche [8].

Las lesiones varían según la altura, la composición de la superficie de impacto, la posición del cuerpo en el aterrizaje y el peso del cuerpo. [8-9]

Las lesiones anteriores al salto, pueden estar mimetizadas por las propias lesiones del impacto. [8].

El patrón de lesiones depende de la parte del cuerpo que primero impacta en la superficie.

Las lesiones torácicas y de las extremidades aumentan significativamente su frecuencia a mayor altitud, las fracturas de cráneo, que prevalecen a bajas altitudes por debajo de 10 metros y por encima de 25 metros, disminuyen su frecuencia de presentación entre 10 y 25 metros [1-10].

En caídas de más de tres metros, no hay un patrón de posición de impacto en el suelo, que depende de la altura, ya que variables como la intencionalidad, la posición al despegue y la presencia de tóxicos pueden variar la posición del cuerpo en el impacto final [2].

Hay muchas comunicaciones que estudian desde el punto de vista forense, según el patrón de lesiones, altura, segmentos corporales, etc. [1-3-4-8-9-10-11-12-13].

Entonces, respondiendo a la pregunta "*¿Qué sabemos acerca de las caídas desde la altura?*", Podríamos decir que sabemos mucho y que hay mucha información importante disponible, tanto así que el medico forense que examina un cuerpo que ha caído desde la altura, puede formarse una idea de lo que sucedió, solo sería suficiente para unir las piezas del rompecabezas, la información de la escena del crimen y los hallazgos de la autopsia.

Pero, ¿qué pasa cuando hay lesiones que no podemos explicar?

## EL CASO

A las 21 horas, un joven de 19 años cae de un tercer piso (9 metros), es transferido rápidamente al hospital, pero muere minutos después.

El único testigo, que estaba con la víctima en ese momento, declaró que estaba excitado y que saltó sobre una barandilla de 90 cm.

La autopsia se realizó el día siguiente y determinó:

- Lesiones faciales del cráneo, sin hemorragia cerebral.
- Lesiones contundentes, abrasión en la cara anterior y hematoma del cuello. (Figura 2)



Figura 2

- Fracturas de ambas muñecas. (figura 3)



Figura 3

- Laceraciones hepáticas con 1000 cc de sangre en cavidad peritoneal. (Figura 4)

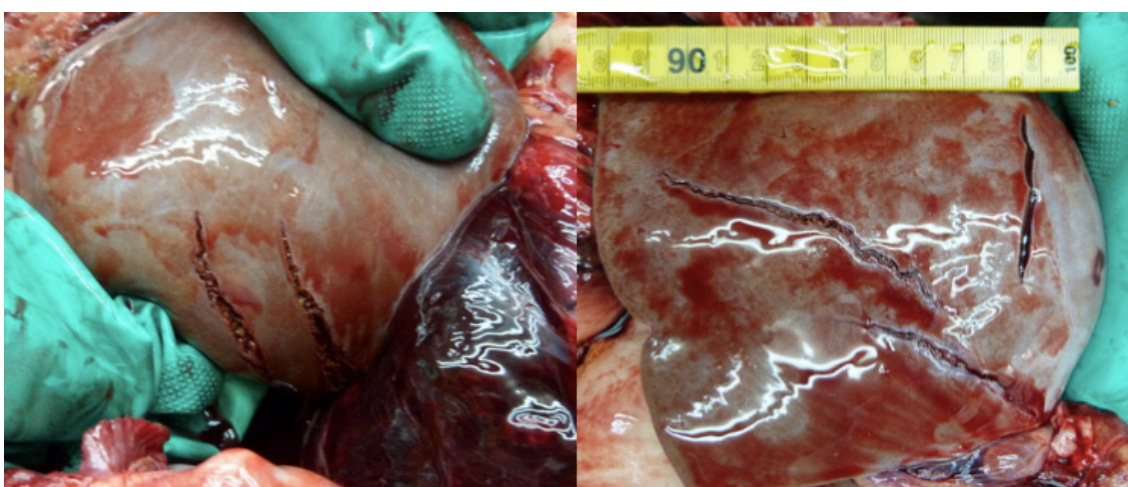


Figura 4

- Fractura expuesta del tercio superior del fémur con exposición en la cara anterior del tercio proximal del muslo. (Figura 5)





Figura 5

- No hubo otras lesiones.
- Toxicología positiva para tetrahidrocannabinidiol (THC).

### Tenemos un problema

Las lesiones faciales, craneales, ambas muñecas y el hígado, son consistentes con una caída de altura con una posición de impacto con la cabeza y los miembros superiores.

Se puede inferir que cayó vivo, ya que puso ambas manos primero de lo que resultó en las fracturas de ambas muñecas.

Las laceraciones hepáticas se explican por la rápida desaceleración de un órgano macizo contra la caja torácica.

Las contusiones y el hematoma de la cara anterior del cuello al plano muscular se explican por la impronta de la mandíbula durante el impacto.

Todas las lesiones anteriores se describen en la bibliografía, en este tipo de caídas con primer impacto con la cabeza y las manos.

¿Pero la fractura expuesta del fémur izquierdo, con una exposición a través de la piel en la cara anterior del muslo?

No tiene lesiones en la piel que puedan explicarlo por un impacto directo, o interposición de superficies o prominencias durante la caída.

Si a esto le sumamos que solo hubo un testigo que presenció la caída, la situación del mismo es comprometedor, ya que existe una lesión que no puede explicarse por el impacto.

Se utilizaron varias hipótesis para explicar la fractura del fémur, de modo tal que la barandilla hubiera actuado como una palanca sobre la cual se fracturó el fémur.

Pero la barandilla tenía 90 cm de alto y la fractura se encontraba a 73 cm del talón; para producir la fractura, necesitaría dos puntos de soporte, uno en el piso, otro en la barandilla y el peso del cuerpo sobre la barandilla antes de la caída. Era una situación improbable.

O que habiendo "montado la barandilla", haya caído accidentalmente; si esta fuera la situación y dependiendo de qué lado cayó, la exposición a través de la piel debería ser en el lado interno o externo del muslo, no en la parte anterior.

En ambas hipótesis, la palanca ejercida por la barandilla debe ser lo suficientemente fuerte como para dejar una marca en la piel.

Otra hipótesis era que estuviera sentado en la barandilla, con el pie atascado, y haya caído hacia atrás; esto también se descartó debido a que la barandilla no tenía lugares donde podría atascarse el pie.

En esta situación, el testimonio del testigo fue muy cuestionado, ya que hubo una lesión que no se pudo explicar con la caída. Una lesión que necesita energía significativa para ocurrir.

Las preguntas fueron entonces, ¿cuándo y cómo ocurrió la fractura del fémur?

## DISCUSIÓN

¿Qué tienen en común las caídas de altura? Todos están sujetos a las Leyes de Newton [14-15].

Muchas cosas ocurrieron desde que la caída de la manzana de un árbol despertó la curiosidad de Sir Isaac Newton en la Inglaterra de 1666.

Los médicos forenses (coroners) contemporáneos de Newton, poco imaginarían que las leyes que surgían de la actitud contemplativa del científico, siglos después se fundirían para explicar las circunstancias de la muerte.

Sin realizar un análisis físico completo, que está más allá del objetivo de esta comunicación, haremos una revisión breve y básica de las leyes de la física aplicadas a este caso.

Sabemos que el cuerpo de una masa aproximada de 70 kg, tuvo una caída libre desde 9 metros de altura; que al tener una barandilla interpuesta, no ha tenido aceleración por alguna fuerza externa, y que su velocidad de caída estuvo subordinada solo por la fuerza gravitacional de la tierra, también sabemos que la fricción del aire debido a la baja altura hace insignificante su consideración.

Pero recurriendo a la tercera ley de Newton que dice que "*para cada acción hay una reacción igual y opuesta*", podríamos decir que cuando el cuerpo cae y golpea el suelo, empuja la tierra hacia abajo, ésta no se mueve debido a su gran masa, y que la tierra empuja el cuerpo con la misma intensidad hacia arriba.

Newton, en su primera ley, dice que la resistencia de un cuerpo a cambiar en movimiento es su *inercia*. Lo que esto significa es que un cuerpo estático tiene una inercia proporcional a su masa: *cuanto mayor es la masa, mayor es la fuerza*.

Lo que explica por qué los niños pequeños sufren menos lesiones que los adultos en las caídas de altura, porque tienen menos masa.

Por lo tanto, según la teoría clásica del impacto, un cuerpo con masa, que se mueve con una velocidad determinada por la energía potencial gravitatoria convertida en energía cinética, tiene un *momentum* (o impulso) que es producto de la masa por la velocidad. Como mostró la Segunda Ley de Newton, si se aplica una fuerza sobre este cuerpo, habrá un cambio en el momentum. Y, de acuerdo con la Tercera Ley de Newton, dos cuerpos que impactan tienen fuerzas de acción y reacción que son iguales pero opuestas. [15].

Pero, el cuerpo humano no es homogéneo, es más bien un conjunto de partes unidas por articulaciones con rangos de movimientos limitados, y músculos que pueden o no contraerse y generar más variación, es decir, que está lejos de ser

un modelo donde la física puede ser fácilmente aplicada ya que la variabilidad de los movimientos de sus partes hace imposible dogmatizar los patrones de lesión; por lo tanto deberíamos aplicar las consideraciones físicas anteriores a cada parte del cuerpo.

Centrándonos en la fractura del fémur que es nuestro problema; veamos lo que sabemos:

1. El cuerpo cayó en una posición tal que impactó primero con la cabeza y manos .

2. Apoyó ambas manos, y se fracturó ambas muñecas, por lo que cayó consciente.

3. No tenía lesiones en las rodillas ni en los pies, es decir, no tocaron el suelo, por lo que podemos inferir que las extremidades inferiores estaban por encima del nivel del tronco.

Podemos teorizar que una vez que la cabeza y el tronco cayeron al suelo, las extremidades inferiores, dotadas de una importante energía cinética otorgada por una masa que corresponde a aproximadamente el 17% del peso corporal (12 kilos) [16], continuaron su trayectoria detrás del cuerpo, como la cola de un escorpión.

Con la cabeza y el tronco ya en reposo debido al impacto, por fracciones de segundo, las extremidades inferiores continúan su trayectoria detrás del tronco, en hiperextensión, con un movimiento angular dado por las piernas flexionadas que producen momentum.

La articulación de la cadera tiene menos rango de movimiento en extensión que en flexión, limitada por la conformación de la cavidad del acetábulo y la cabeza femoral como estructuras estáticas, y la fuerza de flexión del iliopsoas que se inserta en el trocánter menor.

Si durante la caída, el individuo está consciente, intenta proteger su caída colocando sus manos y pies antes de [8 - 17].

Esto implica una contracción voluntaria del músculo iliaco psoas [18-19] que se opone a la inercia, que traen las extremidades inferiores, evitando que los ligamentos de la cadera se lesionen y generando la fractura, luego se expone el fragmento de la fractura a través de la piel de muslo anterior

Hasta aquí, la explicación es plausible, pero el escepticismo metodológico cartesiano que gobierna la ciencia, nos obliga a probar la hipótesis.

La realización de experimentos de este tipo es costosa, si no imposible; pero tenemos un recurso que ni Newton ni Descartes podrían haber imaginado.

Y se lo debemos a la Globalización de las Comunicaciones; este fenómeno, que a través de la tecnología nos ha integrado como sociedad, ha roto las barreras geográficas y nos permite compartir imágenes en tiempo real en la palma de nuestra mano.

La siguiente secuencia de cuadros, son de un video anónimo que circula a través de las redes sociales, no corresponde al caso que presentamos, sino que podría ayudar a entenderlo [20]. (figura 6)



Figura 6

Resuelto el problema de fractura del fémur, ¿podríamos responder si fue suicidio, homicidio o accidente? No, no deberíamos realmente, ya que es un asunto jurídico que decidirá el fiscal o el juez, con nuestra ayuda.

Como médicos forenses, necesitamos saber, para eso debemos usar los mismos "hombres honestos" que le dieron el conocimiento a Kipling (¿qué? ¿Quién? Como?, ¿cuando? y Por qué?); y luego responder:

¿*Que pasó?* Un hombre cayó en el vacío; ¿*Por qué sucedió?* Solo él lo sabía, pero probablemente la marihuana tuvo alguna responsabilidad; ¿*Cuándo sucedió?* A las 21 horas del 20 de diciembre de 2017; ¿*cómo sucedió?* Probablemente saltó sobre la barandilla; ¿*Dónde sucedió?* En el lugar donde fue encontrado, tres pisos más arriba; ¿*Quién fue el responsable?* Lo más probable es que él, y sólo él.

No definimos la manera de la muerte, pero podemos decir que el testimonio del testigo es muy probable que sea cierto.

## CONCLUSIÓN

Las caídas de altura producen lesiones que dependen de la parte del cuerpo que impacta primero, la masa corporal y la altura, entre otras variables.

En las caídas de altura donde la cabeza impacta primero, las fracturas de fémur pueden ocurrir sin evidencia de marcas de traumatismo directo en la piel, y se explica por la energía cinética de las extremidades inferiores que induce una trayectoria de estas en la cara posterior al tronco (como La cola de un escorpión).

Este tipo de fractura no se ha descrito en la literatura y tiene un significado forense para explicar las lesiones óseas que no tienen marcas en la piel.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Petaros A, Slaus M, Coklo M, Sosa I, Cengija M, Bosnar A. **Retrospective analysis of free-fall fractures with regard to height and cause of fall** Forensic Science International 226 (2013) 290–295
2. Fanton L, Be´valot F, Schoendorff P, Lalliard S, Jdeed K, Malicier D. **Toxicologic Aspects of Deaths Due to Falls From Height** Am J Forensic Med Pathol 2007;28: 262–266
3. Granhed H, Altgarde E, Akyurek LM, David P (2017) **Injuries Sustained by Falls - A Review**. Trauma Acute Care 2: 38.
4. Rocos B, Chesser TJ. **Injuries in jumpers - are there any patterns?** World J Orthop 2016; 7(3): 182-187 Available from: URL: <http://www.wjgnet.com/2218-5836/full/v7/i3/182.htm> DOI: <http://dx.doi.org/10.5312/wjo.v7.i3.182>
5. Herstein J - Personal Observation
6. Ferrari B, Abad ME, Larralde M, **Cutis Verticis Gyrate** Dermatol Argent. 2014; 20 : (157-163)
7. Schepis C., Siragusa M. **Primary cutis verticis gyrata or pachydermia verticis gyrata: a peculiar scalp disorder of mentally retarded adult males**, *Dermatology*, 1995, 191: 292-294.
8. Tsokos M, Turk E, **Forensic Pathology Reviews** Vol. 5 Chapter 2 “Fatal Falls from Height”. pp25-37 - Humana Press 2008
9. Casali M, Battistini A, Blandino A, Cattaneo C. **The injury pattern in fatal suicidal falls from a height: an examination of 307 cases.**, *Forensic Science International* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.08.004>
10. Turk E, Tsokos M. **Pathologic Features of Fatal Falls From Height** Am J Forensic Med Pathol 2004;25: 194–199
11. Rowbotham S; Blau S; Hislop-Jambrich J; Francis V. **Skeletal Trauma Resulting From Fatal Low (≤3 m) Free Falls: An Analysis of Fracture Patterns and Morphologies** J Forensic Sci, 2017 doi: 10.1111/1556-4029.13701
12. Tattoli L, Tsokos M, Buschmann C. **Internal patterned injuries in trauma** Forensic Sci Med Pathol <https://doi.org/10.1007/s12024-018-9953-2>

13. Teresiński G, Milaszkiewicz A, Cywka T. **An analysis of the relationship between bodily injury severity and fall height in victims of fatal falls from height** Arch Med Sąd Kryminol 2016; 66 (3): 133–140 DOI: <https://doi.org/10.5114/amsik.2016.66397>
14. Cross R. **Forensic Physics 101: Falls from a height** Am. J. Phys. 76 9, September 2008
15. Keiser J, Taylor M, Carr D. **Forensic Biomechanics** . Chapter 2 “*Basic Principles of Biomechanics*” pp 9-29 - Wiley-Blackwell 2013
16. Dempster WT, Gaughran G, **Properties of Body Segments Based on Size and Weight** Am. J. Anat., 120: 33-54.
17. Christensen A. **The Influence of Behavior on Freefall injury Patterns: Possible Implications for Forensic Anthropological Investigations** J Forensic Sc, Jan. 2004, Vol 49, No. 1
18. Yang KH, Shen KL, Demetropoulos CK, et al. **The Relationship Between Loading Conditions and Fracture Patterns of the Proximal Femur**. ASME. *J Biomech Eng*. 1996;118(4):575-578. doi:10.1115/1.2796045.
19. Ford C, Keaveny T, Hayes W. **The Effect of Impact Direction on the Structural Capacity of the Proximal Femur During Falls** J Bone Miner Res 1996;11:377-383
20. <https://www.youtube.com/watch?v=6NkJEfQ-rz0> - Access 01/02/2019 -